

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-136862

(43) 公開日 平成8年(1996)5月31日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

G 0 2 B 27/64

15/20

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 8 F D (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願平6-297866

(22) 出願日 平成6年(1994)11月7日

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72) 発明者 早川 慎吾

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ

ノン株式会社内

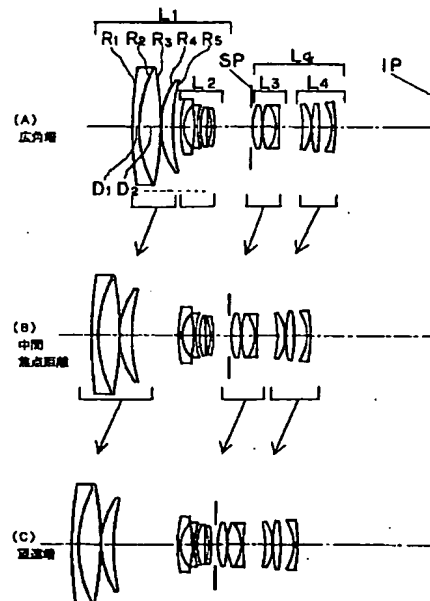
(74) 代理人 弁理士 高梨 幸雄

(54) 【発明の名称】 防振機能を有した変倍光学系

(57) 【要約】

【目的】 振動による撮影画像のブレを光学性能を良好に維持しつつ補正することのできる防振機能を有した変倍光学系を得ること。

【構成】 物体側から順に正の屈折力の第1群、負の屈折力の第2群、そして少なくとも1つのレンズ群を有する全体として正の屈折力の像側レンズ群を有し、広角端から望遠端への変倍を該第1群と該像側レンズ群のうちの少なくとも1つのレンズ群を物体側へ移動させて行うと共に広角端の焦点距離が撮影画面の対角線長より短い変倍光学系であって、該第2群を光軸と直交する方向に移動させて該変倍光学系が振動したときに生じる撮影画面のブレを補正していること。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 物体側から順に正の屈折力の第 1 群、負の屈折力の第 2 群、そして少なくとも 1 つのレンズ群を有する全体として正の屈折力の像側レンズ群を有し、広角端から望遠端への変倍を該第 1 群と該像側レンズ群のうちの少なくとも 1 つのレンズ群を物体側へ移動させて行うと共に広角端の焦点距離が撮影画面の対角線長より短い変倍光学系であって、該第 2 群を光軸と直交する方向に移動させて該変倍光学系が振動したときに生じる撮影画面のブレを補正していることを特徴とする防振機能を有した変倍光学系。

【請求項 2】 前記第 1 群の焦点距離を  $f_1$ 、前記像側レンズ群の望遠端の焦点距離を  $f_2$ 、望遠端における該第 1 群と第 2 群の主点間隔を  $e_r$  としたとき  $0.5 < |f_1 / (f_2 - e_r)| < 1.2$

なる条件を満足することを特徴とする請求項 1 の防振機能を有した変倍光学系。

【請求項 3】 前記第 2 群と前記像側レンズ群のベッツパール和を各々  $P_1$ 、 $P_2$  としたとき  $1.1 < |P_1 / P_2| < 1.7$

なる条件を満足することを特徴とする請求項 1 又は 2 の防振機能を有した変倍光学系。

【請求項 4】 物体側から順に正の屈折力の第 1 群、負の屈折力の第 2 群、正の屈折力の第 3 群、そして正の屈折力の第 4 群の 4 つのレンズ群を有し、各レンズ群の間隔を変えて変倍を行う変倍光学系であって、該第 2 群を光軸と直交する方向に移動させて該変倍光学系が振動したときに生じる撮影画面のブレを補正していることを特徴とする防振機能を有した変倍光学系。

【請求項 5】 前記第 1 群の焦点距離を  $f_1$ 、望遠端における前記第 3 群と第 4 群の合成焦点距離を  $f_2$ 、望遠端における該第 1 群と第 2 群の主点間隔を  $e_r$  としたとき  $0.5 < |f_1 / (f_2 - e_r)| < 1.2$

なる条件を満足することを特徴とする請求項 4 の防振機能を有した変倍光学系。

【請求項 6】 前記第 2 群のベッツパール和を  $P_1$ 、前記第 3 群と第 4 群のベッツパール和の総和を  $P_2$  としたとき  $1.1 < |P_1 / P_2| < 1.7$

なる条件を満足することを特徴とする請求項 4 の防振機能を有した変倍光学系。

【請求項 7】 広角端と望遠端における全系の焦点距離を各々  $f_W$ 、 $f_T$ 、前記第 2 群の焦点距離を  $f_2$  としたとき  $0.15 < |f_2 / (f_W \times f_T)^{1/2}| < 0.50$

なる条件を満足することを特徴とする請求項 1、2、3、4、5 又は 6 の防振機能を有した変倍光学系。

【請求項 8】 前記第 2 群は変倍の際、固定であることを特徴とする請求項 1、2、3、4、5、6 又は 7 の防

振機能を有した変倍光学系。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は光学系の振動による撮影画像のブレを補正する機能、所謂防振機能を有した変倍光学系に関し、防振用の可動レンズ群を例えば光軸と直交する方向に移動させて防振効果を得る際、可動レンズ群の少ない駆動量を十分大きな画像のブレを補正すると共に、防振効果を発揮させたときの光学性能の低下の防止を図った防振機能を有した変倍光学系に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】進行中の車や航空機等移動物体上から撮影をしようとする撮影系（撮影レンズ）に振動が伝わり撮影画像にブレが生じる。

【0003】特に長い焦点距離の撮影系を使用する際には、撮影系の振動を抑制することが困難となる。撮影系が振動によって傾くと、撮影画像はその傾き角と撮影系の焦点距離に応じた変位を発生する。このため静止画撮影装置においては、画質の劣化を防止するために撮影時間を十分に短くしなければならないという問題があり、また動画撮影装置においては、構図の設定を維持することが困難となるという問題がある。そのためこのような撮影の際には、撮影系が振動によって傾いた際にも撮影画像の変位、所謂撮影画像のブレが発生しないように補正することが必要となる。

【0004】従来より撮影画像のブレを防止する機能を有した防振光学系が、例えば特開昭 50-80147 号公報や特公昭 56-21133 号公報、特開昭 61-223819 号公報等で提案されている。

【0005】特開昭 50-80147 号公報では 2 つのアフォーカルの変倍系を有するズームレンズにおいて第 1 の変倍系の角倍率を  $M_1$ 、第 2 の変倍系の角倍率を  $M_2$  としたとき  $M_1 = 1 - 1/M_2$  なる関係を有するように各変倍系で変倍を行うと共に、第 2 の変倍系を空間的に固定して画像のブレを補正して画像の安定化を図っている。

【0006】特公昭 56-21133 号公報では光学装置の振動状態を検知する検知手段からの出力信号に応じて、一部の光学部材を振動による画像の振動的変位を相殺する方向に移動させることにより画像の安定化を図っている。

【0007】特開昭 61-223819 号公報では最も被写体側に屈折型可変頂角プリズムを配置した撮影系において、撮影系の振動に対応させて該屈折型可変頂角プリズムの頂角を変化させて画像を偏向させて画像の安定化を図っている。

【0008】その他、特公昭 56-34847 号公報、特公昭 57-7414 号公報等では撮影系の一部に振動に対して空間的に固定の光学部材を配置し、この光学部

材の振動に対して生ずるプリズム作用を利用することにより撮影画像を偏向させ結像面上で静止画像を得ている。

【0009】又、加速度センサーを利用して撮影系の振動を検出し、このとき得られる信号に応じ、撮影系の一部のレンズ群を光軸と直交する方向に振動させることにより静止画像を得る方法も行なわれている。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】一般に撮影系の一部のレンズ群を振動させて撮影画像のブレをなくし、静止画像を得る機構には画像のブレの補正量が多いことやブレ補正の為に振動させるレンズ群（可動レンズ群）の移動量や回転量が少ないこと等が要望されている。

【0011】又、可動レンズ群を偏心させたとき偏心コマ、偏心非点収差、偏心色収差、そして偏心像面湾曲収差等が多く発生すると画像のブレを補正したとき偏心収差の為、画像がボケてくる。例えば偏心歪曲収差が多く発生すると光軸上の画像の移動量と周辺部の画像の移動量が異なってくる。この為、光軸上の画像を対象に画像のブレを補正しようと可動レンズ群を偏心させると、周辺部では画像のブレと同様な現象が発生してきて光学特性を著しく低下させる原因となってくる。

【0012】このように防振機能を有した光学系においては可動レンズ群を光軸と直交する方向に移動させ、又はそれと共に光軸上の一点を回転中心として微小回転させて偏心状態にしたとき画質の低下を少なくする為に偏心収差発生量が少ないこと、装置全体を小型にする為に可動レンズ群の少ない移動量又は少ない回転量で大きな画像のブレを補正することができる、所謂偏心敏感度（単位移動量 $\Delta H$ に対する画像のブレの補正量 $\Delta x$ との比 $\Delta x/\Delta H$ ）が大きいこと等が要求されている。

【0013】防振機能を有した光学系として振動に対して空間的に固定となる光学部材を配置する構成の光学系は、この光学部材の支持方法が難しく、また小型の光学系を実現することが困難であるため、小型軽量の装置の構成には適していなかった。また撮影系の最も被写体側に可変頂角プリズムを配置する光学系は、変位補正時に偏心色収差以外の収差の発生がほとんどないという利点はあるが、駆動部材が大型になるという欠点と、プリズムによって発生する偏心色収差の簡易的な補正が困難であるという欠点があった。撮影系の一部のレンズ群を偏心させる光学系では、偏心させるレンズ群を適切に選択、配置することにより、装置を小型にすることができるが、偏心によって発生する諸収差、即ち、偏心コマ収差、偏心非点収差、偏心像面湾曲等を良好に補正しつつ、十分に少ない駆動量で十分に大きい変位補正を実現することが困難であるという問題点があった。 \*

$$0.15 < |f. / (fW \times fT)^{1/2}| < 0.50 \quad \dots (1)$$

なる条件を満足するようにしている。

【0020】条件式(1)は変倍光学系の広角端及び望

\*【0014】本発明は、変倍光学系の一部のレンズ群を光軸と垂直な方向に偏心駆動させて撮影画像の変位（ブレ）を補正する際、各レンズ要素を適切に配置することによって各種の偏心収差を良好に補正し、また十分に少ない偏心駆動量で十分に大きい変位補正（ブレ補正）を実現することによって装置全体の小型化を可能とした防振機能を有した変倍光学系の提供を目的とする。

【0015】

【課題を解決するための手段】本発明の防振機能を有した光学系は、

(1-1) 物体側から順に正の屈折力の第1群、負の屈折力の第2群、そして少なくとも1つのレンズ群を有する全体として正の屈折力の像側レンズ群を有し、広角端から望遠端への変倍を該第1群と該像側レンズ群のうちの少なくとも1つのレンズ群を物体側へ移動させて行うと共に広角端の焦点距離が撮影画面の対角線長より短い変倍光学系であって、該第2群を光軸と直交する方向に移動させて該変倍光学系が振動したときに生じる撮影画面のブレを補正していることを特徴としている。

【0016】(1-2) 物体側から順に正の屈折力の第1群、負の屈折力の第2群、正の屈折力の第3群、そして正の屈折力の第4群の4つのレンズ群を有し、各レンズ群の間隔を変えて変倍を行う変倍光学系であって、該第2群を光軸と直交する方向に移動させて該変倍光学系が振動したときに生じる撮影画面のブレを補正していることを特徴としている。

【0017】

【実施例】図1～図3は各々本発明の数値実施例1～3のレンズ断面図である。図中、(A)は広角端、(B)は中間、(C)は望遠端のズーム位置を示している。L1は正の屈折力の第1群、L2は負の屈折力の第2群、L3は正の屈折力の第3群、L4は正の屈折力の第4群、SPは絞りであり、第3群の物体側に位置しており、変倍に際して第3群と共に移動している。IPは像面である。第3群L3と第4群L4で像側レンズ群L<sub>i</sub>を構成している。広角端から望遠端への変倍は第1群L1、第3群L3、そして第4群L4と共に物体側へ移動させて行っている。変倍光学系が振動したときの撮影画面のブレの補正（振動補償）は第2群L2を偏心レンズ群として光軸と直交する方向に移動させて行っている。

【0018】本発明では広角端の焦点距離 $f_W$ が撮影画面の対角線長よりも短い広角域を含むように各レンズ群の屈折力や近軸配置等の各要素を設定している。

【0019】本発明において、広角端と望遠端における全系の焦点距離を各々 $f_W$ 、 $f_T$ 、前記第2群の焦点距離を $f$ 、としたとき

望遠端の焦点距離に対する偏心レンズ群としての第2群の焦点距離の比を規定する式である。条件式(1)の下限

値を越えて偏心レンズ群の焦点距離が短くなると変倍の際の諸収差の変動を良好に補正することが難しくなり、変倍比を大きくすることができないという問題や、偏心レンズ群を少ない枚数のレンズで構成できなくなる為にコンパクト化に向かないという問題が生じてくる。

【0021】又逆に条件式(1)の上限値を越えて偏心レンズ群の焦点距離が長くなると諸収差の補正の為には有利となるが、偏心レンズ群の偏心敏感度(撮影画像の変位量に対する偏心レンズ群の変位量の比)を大きくすることができなくなる。この為に振動補償の為の偏心レンズ群の駆動量を大きくすることが必要となるという問題や、変倍の際の各レンズ群の移動量が大きくなってコ\*

$$0.5 < |f_e / (f - e_r)| < 1.2 \quad \dots\dots (2)$$

なる条件を満足するようにしている。

【0025】条件式(2)は偏心レンズ群である第2群の前後に配置される第1群と像側レンズ群の焦点距離を各々適切に規定する式である。特に各レンズ群のベッツパール和が屈折力に略比例すると仮定したときに偏心収差を良好に補正することを可能とする為の条件式であって、簡易なレンズ構成で前述の目的を達成する為のものである。条件式(2)の下限值又は上限値を越えて各レンズ群の屈折力配置が不適切となるとコンパクトなレンズ構成の広角域を含んだ防振機能を有した変倍光学系を実現することが困難となる。又条件式(2)では更にその下限値を0.6、上限値を1.0としたとき、実質的に更に良好な防振機能を有した変倍光学系を実現することが容易となる。

【0026】(A-2)前記第2群と前記像側レンズ群のベッツパール和を各々 $P_e$ 、 $P_s$ としたとき

$$1.1 < |P_e / P_s| < 1.7 \quad \dots\dots (3)$$

なる条件を満足するようにしている。

【0027】条件式(3)は変倍光学系の偏心レンズ群L2とそれより像側に設けた像側レンズ群のベッツパール和の比を規定する式である。条件式(3)の下限値を※

$$0.5 < |f_e / (f - e_r)| < 1.2 \quad \dots\dots (2a)$$

なる条件を満足するようにしている。

【0031】この条件式(2a)は前述の条件式(2)と同様の理由により満足するようにしている。

【0032】(B-2)前記第2群のベッツパール和を $P_e$ 、前記第3群と第4群のベッツパール和の総和を $P$ としたとき

$$1.1 < |P_e / P| < 1.7 \quad \dots\dots (4)$$

なる条件を満足するようにしている。

【0033】条件式(4)は変倍光学系の偏心レンズ群L2とそれより像側に設けた第3群と第4群のベッツパール和の比を規定する式である。条件式(4)の下限値を越えて偏心レンズ群のベッツパール和の絶対値が相対的に小さくなると、偏心像面弯曲の補正が困難となり、逆に条件式(4)の上限値を越えて偏心レンズ群のベッツパール和の絶対値が相対的に大きくなると光学系全体

\*コンパクト化に向かないという問題が生じてくる。

【0022】この他本発明においては変倍光学系の第2群を変倍の際に固定とすることにより装置全体の小型化を助長し、又レンズ群の倒れの発生を最小限とする等のレンズ構造上の精度の向上を図っている。

【0023】(A)次に本発明において第3群L3と第4群L4とを少なくとも1つのレンズ群を有する像側レンズ群として取り扱った場合の特徴について説明する。

【0024】(A-1)本発明では前記第1群の焦点距離を $f$ 、前記像側レンズ群の望遠端の焦点距離を $f_e$ 、望遠端における該第1群と第2群の主点間隔を $e_r$ としたとき

※越えて偏心レンズ群のベッツパール和の絶対値が相対的に小さくなると、偏心像面弯曲の補正が困難となり、逆に条件式(3)の上限値を越えて偏心レンズ群のベッツパール和の絶対値が相対的に大きくなると光学系全体のベッツパール和が負の値となり易くなり、非偏心状態の像面弯曲を良好に補正することが困難となる。

【0028】又条件式(3)では更にその下限値を1.2、上限値を1.6としたとき、実質的に更に良好な変倍光学系を実現することが容易となる。又条件式(3)では更にその下限値を1.3を1.6とするべく適切なレンズ材料を選択し、又屈折力配置を適切に設定したとき偏心像面弯曲を更に良好に補正することが容易となる。

【0029】(B)次に本発明において第3群L3と第4群L4を各々独立に取り扱った場合の特徴について説明する。

【0030】(B-1)前記第1群の焦点距離を $f$ 、望遠端における前記第3群と第4群の合成焦点距離を $f_e$ 、望遠端における該第1群と第2群の主点間隔を $e_r$ としたとき

のベッツパール和が負の値となり易くなり、非偏心状態の像面弯曲を良好に補正することが困難となる。

【0034】又条件式(4)では更にその下限値を1.2、上限値を1.6としたとき、実質的に更に良好な変倍光学系を実現することが容易となる。又条件式(4)では更にその下限値を1.3を1.6とするべく適切なレンズ材料を選択し、又屈折力配置を適切に設定したとき偏心像面弯曲を更に良好に補正することが容易となる。

【0035】次に、本発明の防振機能を有した変倍光学系の光学的特徴について説明する。一般に光学系の一部のレンズ群を平行偏心させて画像のブレを補正しようとすると偏心収差の発生により結像性能が低下してくる。そこで次に任意の屈折力配置において可動レンズ群を光軸と直交する方向に移動させて画像のブレを補正すると

きの偏心収差の発生について収差論的な立場より、第23回応用物理学講演会(1962年)に松居より示された方法に基づいて説明する。

【0036】光学系の一部のレンズ群PをEだけ平行偏心させたときの全系の収差量 $\Delta Y$ は(a)式の如く偏心前の収差量 $\Delta Y$ と偏心によって発生した偏心収差量 $\Delta Y(E)$ との和になる。ここで収差量 $\Delta Y$ は球面収差(I)、コマ収差(II)、非点収差(III)、ベッツバル和(P)、歪曲収差(Y)で表される。又偏心収差 $\Delta Y(E)$ は(C)式に示すように1次の偏心コマ収差(I 10 I E)、1次の偏心非点収差(III E)、1次の偏心像面湾曲(P E)、1次の偏心歪曲収差(VE 1)、1次

の偏心歪曲附加収差(VE 2)、そして1次の原点移動( $\Delta E$ )で表される。

【0037】又(d)式から(i)式の( $\Delta E$ )~(VE 2)までの収差はレンズ群Pを平行偏心させる光学系においてレンズ群Pへの光線の入射角を $\alpha_p$ 、 $\alpha_a$ としたときにレンズ群Pの収差係数 $I_p$ 、 $II_p$ 、 $III_p$ 、 $P_p$ 、 $V_p$ と、又同様にレンズ群Pより像面側に配置したレンズ群を全体として1つの第qレンズ群としたときの収差係数を $I_q$ 、 $II_q$ 、 $III_q$ 、 $P_q$ 、 $V_q$ を用いて表される。

【0038】

【数1】

$$\Delta Y_1 = \Delta Y + \Delta Y(E) \quad \dots\dots (a)$$

$$\begin{aligned} \Delta Y = & -\frac{1}{2\alpha_K} \left[ (N_1 \tan \omega)^3 \cos \phi \omega \cdot V \right. \\ & + (N_1 \tan \omega)^2 R \left\{ 2 \cos \phi \omega \cos(\phi_R - \phi \omega) \cdot III \right. \\ & + \left. \cos \phi_R (III + P) \right\} + (N_1 \tan \omega) R^2 \left\{ 2 \cos \phi_R \cos(\phi_R - \phi \omega) \right. \\ & + \left. \cos \phi \omega \right\} \cdot II + R^3 \cos \phi \cdot I \left. \right] \quad \dots\dots (b) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta Y(E) = & -\frac{E}{2\alpha_K} \left[ (N_1 \tan \omega)^2 \left\{ (2 + \cos 2\phi \omega) (VE1) - (VE2) \right\} \right. \\ & + 2(N_1 \tan \omega) R \left\{ 2 \cos(\phi_R - \phi \omega) \right. \\ & + \left. \cos(\phi_R + \phi \omega) \right\} (IIIE) + \cos \phi_R \cos \phi \omega \cdot (PE) \left. \right] \\ & + R^2 (2 + \cos 2\phi_R) (IIE) \left. \right] - \frac{E}{2\alpha_K} (\Delta E) \quad \dots\dots (c) \end{aligned}$$

$$(\Delta E) = -2(\alpha'_P - \alpha_P) = -2h_P \phi_P \quad \dots\dots (d)$$

$$\begin{aligned} (IIE) = & \alpha_{aP} II_Q - \alpha_P (II_P + II_Q) - \alpha_{aP}' I_Q + \alpha_{aP} (I_P + I_Q) \\ = & h_P \phi_P II_Q - \alpha_P II_P - (h_{aP} \phi_P I_Q - \alpha_{aP} I_P) \quad \dots\dots (e) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (IIIE) = & \alpha'_P III_Q - \alpha_P (III_P + III_Q) - \alpha_{aP}' II_Q + \alpha_{aP} (II_P + II_Q) \\ = & h_P \phi_P III_Q - \alpha_P III_P - (h_{aP} \phi_P II_Q - \alpha_{aP} II_P) \quad \dots\dots (f) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (PE) = & \alpha'_P P_Q - \alpha_P (P_P + P_Q) \\ = & h_P \phi_P P_Q - \alpha_P P_P \quad \dots\dots (g) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (VE1) = & \alpha'_P V_Q - \alpha_P (V_P + V_Q) - \alpha_{aP}' III_Q + \alpha_{aP} (III_P + III_Q) \\ = & h_P \phi_P V_Q - \alpha_P V_P - (h_{aP} \phi_P III_Q - \alpha_{aP} III_P) \quad \dots\dots (h) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (VE2) = & \alpha_{aP} P_Q - \alpha_{aP} (P_P + P_Q) \\ = & h_{aP} \phi_P P_Q - \alpha_{aP} P_P \quad \dots\dots (i) \end{aligned}$$

以上の式から偏心収差の発生を小さくするにはレンズ群Pの諸収差係数 $I_P$ ,  $II_P$ ,  $III_P$ ,  $P_P$ ,  $V_P$ を小さな値とするか、若しくは(a)式～(i)式に示すように諸収差係数を互いに打ち消し合うようにバランス良く

設定することが必要となってくる。

【0039】次に本発明の防振機能を有した変倍光学系の光学的作用を図22に示した撮影光学系の一部のレンズ群を光軸と直交する方向に偏心駆動させて撮影画像の

変位を補正する防振光学系を想定したモデルについて説明する。

【0040】まず十分に少ない偏心駆動量で十分に大きい変位補正を実現する為には上記の1次の原点移動( $\Delta E$ )を十分に大きくする必要がある。このことを踏まえた上で1次の偏心像面湾曲(PE)を補正する条件を考える。図22は撮影光学系を物体側から順に第o群、第p群、第q群の3つのレンズ群で構成し、このうち第p群を光軸と直交する方向に平行移動させて画像のブレを補正している。

【0041】ここで第o群、第p群、第q群の屈折力を\*

$$P_o = C\phi_o \quad \dots\dots (j)$$

$$P_p = C\phi_p \quad \dots\dots (k)$$

$$P_q = C\phi_q \quad (\text{但し } C \text{ は定数}) \quad \dots\dots (l)$$

なる関係を満足する。従って第p群を平行偏心させたときに発生する1次の偏心像面湾曲(PE)は上式と代入して次のように整理することができる。

【0043】

$$(PE) = C\phi_p (h_p \phi_o - \alpha_o) \quad \dots\dots (m)$$

従って偏心像面湾曲(PE)を補正するためには $\phi_p = 0$ または $\phi_p = \alpha_o / h_p$ とすることが必要となる。ところが $\phi_p = 0$ とすると1次の原点移動( $\Delta E$ )が0となって変位補正ができなくなるため $\phi_p = \alpha_o / h_p$ を\*

$$(\Delta E) = -2(\alpha_o' - \alpha_o) > -2 \quad \dots\dots (n)$$

即ち偏心敏感度(偏心レンズ群の単位変位量に対する撮影画像のブレの変位量との比)が1より小さくなる。又前述のように $\phi_p = 0$ では偏心敏感度は0となる。従って、このような場合には $\phi_p < 0$ としなければならない。

【0046】(ロ)  $\alpha_o < 0$ のとき

偏心像面湾曲(PE)の補正の為 $\phi_p < 0$ 、又必然的に $\phi_o < 0$ 、従って更に必然的に $\phi_q > 0$ となる。

【0047】以上より1次の原点移動( $\Delta E$ )を十分に大きくしつつ、1次の偏心像面湾曲(PE)を補正することの可能となる光学系の屈折力配置は次のようなものが適する。

【0048】

【表1】

レンズ群	o	p	q
屈折力配置	a 正	負	正
	b 負	正	負

このような屈折力配置のレンズ構成を図示すると、それぞれ図23(A)及び図23(B)のようになる。

【0049】本発明ではこのような屈折力配置を利用している。次に本発明のレンズ構成の特徴について説明する。一般に光学系においては、各レンズ群の屈折力を適切に設定することにより、コンパクトなレンズ構成で諸収差を良好に補正している。一般に光学系の一部のレンズ群を光軸と直交する方向に平行偏心させて撮影画像の

\*それぞれ $\phi_o$ 、 $\phi_p$ 、 $\phi_q$ とし、各レンズ群への近軸軸上光線と軸外光線の入射角を $\alpha$ 、 $\alpha_o$ 、近軸軸上光線と軸外光線の入射高を $h$ 、 $h_o$ 及び収差係数にも同様のsuffixを付して表記する。又各レンズ群はそれぞれ少ないレンズ枚数で構成されるものとし、各収差係数はそれぞれ補正不足の傾向を示すものとする。

【0042】このような前提のもとに各レンズ群のベッツパル和に着目すると各レンズ群のベッツパル和 $P_o$ 、 $P_p$ 、 $P_q$ は各レンズ群の屈折力 $\phi_o$ 、 $\phi_p$ 、 $\phi_q$ に比例し、略

10 に比例し、略

※満足する解を求めなければならない。即ち $h_p > 0$ であるため、少なくとも $\alpha_o$ と $\phi_o$ を同符号とすることが必要となるわけである。

【0044】(イ)  $\alpha_o > 0$ のとき

偏心像面湾曲の補正のため $\phi_p > 0$ 、又必然的に $\phi_o > 0$ となる。更にこのとき $\phi_p > 0$ とすると $0 < \alpha_o < \alpha'$ 、 $< 1$ 、1次の原点移動( $\Delta E$ )は次のようになる。

【0045】

変位を補正するようにした光学系を構成する際、偏心敏感度を十分に大きくすることができるという点と、偏心収差の補正が比較的容易になるという点から、平行偏心させるレンズ群を選択するのが良い。

【0050】一方、装置自体のコンパクト化を計るためには、平行偏心させるレンズ群として、レンズ外形の比較的小さなレンズ群を選択するのが望ましい。

【0051】以上の観点から、本発明の目的を達成する光学系として図23(A)に示す屈折力配置を採用している。

【0052】もちろん前述の第q群は1つ又は複数のレンズ群に分割することも可能であり、その方が諸収差を良好に補正した振動補償変倍光学系を実現する為には、より一般的である。

【0053】そこで本発明では物体側から順に正の屈折力を有する第1群、負の屈折力を有する第2群、及び1つ又は複数のレンズ群で構成され、全体として正の屈折力を有する像側レンズ群の少なくとも3群以上のレンズ群で構成した変倍光学系であって、前記第2群を光軸と垂直な方向に移動させることによって振動を補償する防振機能を有した変倍光学系を実現させている。

【0054】ここで上述の(m)式について再度説明する。通常の撮影レンズにおいて物体距離が無遠方にあるとすれば近軸光線の初期値は、

$$\alpha_o = 0 \quad \dots\dots (o)$$

$$h_o = 1 \quad \dots\dots (p)$$

と設定できる。ここで近軸追跡の公式を用いれば第1群\* \*と第2群の主点間隔をe。とするととき

$$\alpha_o = \alpha_o + h_o \phi_o = \phi_o \quad \dots\dots (q)$$

$$h_o = h_o + e_o \alpha_o = 1 - e_o \phi_o \quad \dots\dots (r)$$

と変形することができる。(q)式及び(r)式を ※ ※ (m)式に代入すれば

$$(PE) = c \phi_o \{ (1 - e_o \phi_o) \phi_o - \phi_o \} \dots\dots (s)$$

となる。従って1次の偏心像面弯曲(PE)を良好に補★ ★正する為には

$$(1/\phi_o) / \{ (1/\phi_o) - e_o \} \approx 1 \quad \dots\dots (t)$$

即ち、第1群の焦点距離をf。、像側レンズ群の焦点距離をf。とするととき

$$f_o / (f_o - e_o) \approx 1 \quad \dots\dots (u)$$

なる関係を満足するように各レンズ群の焦点距離f。、f。及び主点間隔e。を設定することが望ましい。

【0055】以上の説明において各レンズ群のベッツパール和は略各レンズ群の屈折力に比例するものとしたが、実際のレンズにおいてはレンズの材質や構成枚数により必ずしもこの比例関係は成立しないが近似的にこの比例関係が成立すると見なせば(u)式が1次の偏心像面弯曲(PE)の補正条件となる。

【0056】本発明は、以上の考察に基づいて広角端の焦点距離が撮影画面の対角長より短い広角域を含む変倍光学系において、物体側から順に正の屈折力を有する第1群、負の屈折力を有する第2群、そして1つまたは複数のレンズ群で構成され全体として正の屈折力を有する像側レンズ群の少なくとも3群以上のレンズ群で構成された変倍光学系であって、前記第2群を光軸と垂直な方向に移動させることによって振動を補償すると共に、前記変倍光学系の前記第1群の焦点距離をf。、前記像側レンズ群の焦点距離をf。、望遠端における前記第1群と前記第2群の主点間隔をe<sub>r</sub>としたとき、前述の条件式(2)を満足することにより、上記課題を解決した防振機能を有した変倍光学系を実現したものである。

【0057】条件式(2)は前述の(u)式と同等の意味を持つ式であり、その下限値及び上限値は経験的に決定されるものである。なお条件式(2)で前述の(u)式のe。を望遠端における主点間隔としたのは望遠端における偏心敏感度が広角端における偏心敏感度に比べて大きく、その為レンズ群を所定量移動させたときに発生する偏心収差が望遠端において大きくなり易いからである。もちろん広角端においても同様に前述の(u)式を略満足する構成とした方がより望ましいものとなる。

【0058】そして本発明は更に、より具体的な変倍光学系に以上の考察を適用している。本発明では防振機能を有した変倍光学系として主として広角域から望遠域までを含んだ標準ズームレンズを対象とし、物体側から順に正の屈折力を有する第1群、負の屈折力を有する第2群、正の屈折力を有する第3群、そして正の屈折力を有する第4群の4群構成の変倍光学系をその具現化のモデルとしている。

【0059】まず、振動補償の際に光軸と垂直な方向に移動させるレンズ群としては前述の図23(A)の屈折

力配置となるように、負の屈折力を有する第2群を選択する。そして上記の条件式(2)を満足するように各レンズ群の屈折力を設定する。また前述のように偏心レンズ群の偏心敏感度を十分に大きく設定する為に条件式(1)を満足するように偏心レンズ群の屈折力を設定する。これにより防振機能を有した変倍光学系の基本的な構成を実現している。

【0060】偏心レンズ群を偏心させた際に発生する偏心収差、特に偏心像面弯曲を更に良好に補正する為には前述の(g)式で表される1次の偏心像面弯曲(PE)をより厳密に小さくすることが必要となる。(g)式において $\alpha_o$ 、 $\alpha_o'$ は近軸光線の換算傾角であって、各レンズ群の屈折力配置によって略決定される。各レンズ群の屈折力配置は変倍光学系を十分にコンパクトな構成で実現しようとした際には、ある程度の制約を受け、あまり自由に変更することはできない。またP<sub>o</sub>、P<sub>i</sub>はそれぞれ偏心レンズ群及びその像側に配置されるレンズ群のベッツパール和であって各レンズ群の屈折力に略依存するが、各レンズ群を構成するレンズの構成枚数や材質等を適宜変更することによって、ある程度変更することが可能である。

【0061】そこで偏心レンズ群を偏心させた際に発生する偏心収差、特に偏心像面弯曲を更に良好に補正する為にはこのような屈折力配置、即ち近軸光線の換算傾角 $\alpha_o$ 、 $\alpha_o'$ を有する変倍光学系において、各レンズ群のベッツパール和P<sub>o</sub>、P<sub>i</sub>を適切に設定することが必要となる。

【0062】条件式(3)はこのような屈折力配置を有する変倍光学系において上述の考察に基づいて各レンズ群のベッツパール和P<sub>o</sub>、P<sub>i</sub>を適切に設定するものである。実際には条件式(3)を満足するベッツパール和P<sub>o</sub>、P<sub>i</sub>を設定した際にも前述の(g)式の値を0とすることはできない場合もあるが、全体としてコンパクトな構成の防振機能を有した変倍光学系を実現する為には条件式(3)を満足することが望ましい。

【0063】次に本発明の数値実施例を示す。数値実施例においてr<sub>i</sub>は物体側より順に第i番目のレンズ面の曲率半径、d<sub>i</sub>は物体側より第i番目のレンズ厚及び空気間隔、n<sub>i</sub>と $\nu_i$ は各々物体側より順に第i番目のレンズのガラスの屈折率とアッペ数である。

【0064】

【外1】



15 数値実施例 1		f = 35.60~101.97 / F <sub>No</sub> = 3.60~4.60		16			
r 1=	220.00	d 1=	2.5	n 1=	1.80518	v 1=	25.4
r 2=	61.24	d 2=	8.0	n 2=	1.51633	v 2=	64.2
r 3=	-134.30	d 3=	0.2				
r 4=	37.37	d 4=	4.8	n 3=	1.69680	v 3=	55.5
r 5=	91.27	d 5=	可変				
r 6=	57.75	d 6=	1.5	n 4=	1.69680	v 4=	55.5
r 7=	14.23	d 7=	4.4				
r 8=	-46.08	d 8=	1.2	n 5=	1.69680	v 5=	55.5
r 9=	33.37	d 9=	1.0				
r10=	26.83	d10=	2.9	n 6=	1.84666	v 6=	23.8
r11=	-323.36	d11=	1.5				
r12=	-23.12	d12=	1.2	n 7=	1.77250	v 7=	49.6
r13=	-48.97	d13=	可変				
r14=	(絞り)	d14=	1.0				
r15=	30.87	d15=	3.7	n 8=	1.51633	v 8=	64.2
r16=	-45.12	d16=	0.2				
r17=	31.86	d17=	5.2	n 9=	1.51633	v 9=	64.2
r18=	-16.35	d18=	1.2	n10=	1.83400	v10=	37.2
r19=	202.89	d19=	可変				
r20=	-53.43	d20=	3.3	n11=	1.60311	v11=	60.7
r21=	-19.10	d21=	0.2				
r22=	56.40	d22=	3.0	n12=	1.65160	v12=	58.5
r23=	-78.57	d23=	5.2				
r24=	-18.51	d24=	1.5	n13=	1.80610	v13=	41.0
r25=	-72.51						

焦点距離 可変間隔	35.60	70.00	101.97
d 5	2.50	17.66	24.50
d 13	14.50	6.34	1.50
d 19	9.30	7.80	8.10

撮影画面の対角長 43.27

$$f_o = 70.02$$

$$f_p = -17.07$$

$$f_q = 26.76$$

$$f_T = 31.64$$

$$|f_q / (f_o - e_T)| = 0.697$$

$$|f_p / (f_W \times f_T)^{1/2}| = 0.283$$

$$|P_p / P_q| = 1.286$$

17  
数值实施例2

$f = 35.97 \sim 101.72$  /  $F_{No} = 4.40 \sim 5.80$

18

r 1=	107.93	d 1=	2.5	n 1=	1.80518	v 1=	25.4
r 2=	48.11	d 2=	7.6	n 2=	1.51633	v 2=	64.2
r 3=	-583.75	d 3=	0.2				
r 4=	34.64	d 4=	5.9	n 3=	1.51633	v 3=	64.2
r 5=	289.32	d 5=	可変				
r 6=	153.82	d 6=	1.5	n 4=	1.69680	v 4=	55.5
r 7=	15.13	d 7=	5.2				
r 8=	-64.57	d 8=	1.2	n 5=	1.69680	v 5=	55.5
r 9=	46.43	d 9=	0.5				
r10=	26.72	d10=	3.2	n 6=	1.84666	v 6=	23.8
r11=	351.36	d11=	2.0				
r12=	-25.55	d12=	1.2	n 7=	1.69680	v 7=	55.5
r13=	-47.49	d13=	可変				
r14=	(絞り)	d14=	1.0	n 8=	1.69680	v 8=	55.5
r15=	27.73	d15=	2.9				
r16=	-58.49	d16=	0.2	n 9=	1.51633	v 9=	64.2
r17=	35.28	d17=	3.7	n10=	1.83400	v10=	37.2
r18=	-18.24	d18=	1.2				
r19=	59.60	d19=	可変	n11=	1.69680	v11=	55.5
r20=	-79.17	d20=	3.0				
r21=	-18.62	d21=	0.2	n12=	1.60311	v12=	60.7
r22=	41.35	d22=	2.8				
r23=	-142.91	d23=	2.0	n13=	1.74400	v13=	44.8
r24=	-18.21	d24=	1.2				
r25=	279.13						

焦点距離 可変間隔	35.97	70.00	101.72
d 5	2.00	11.80	17.70
d 13	19.50	7.60	1.50
d 19	9.30	8.18	8.84

撮影画面の対角長 43.27

$$f_o = 65.01$$

$$f_p = -18.99$$

$$f_q = 28.96$$

$$f_T = 25.55$$

$$|f_q / (f_o - e_T)| = 0.734$$

$$|f_p / (f_W \times f_T)^{1/2}| = 0.314$$

$$|P_p / P_q| = 1.472$$

19  
数値実施例 3

$f = 36.11 \sim 102.00$  /  $F_{NO} = 3.60 \sim 4.60$

20

$r_1 = 133.94$	$d_1 = 2.6$	$n_1 = 1.80518$	$v_1 = 25.4$
$r_2 = 59.61$	$d_2 = 7.9$	$n_2 = 1.60311$	$v_2 = 60.7$
$r_3 = -524.63$	$d_3 = 0.2$		
$r_4 = 43.75$	$d_4 = 6.1$	$n_3 = 1.51633$	$v_3 = 64.2$
$r_5 = 168.13$	$d_5 = \text{可変}$	$n_4 = 1.80400$	$v_4 = 46.6$
$r_6 = 86.79$	$d_6 = 1.5$	$n_5 = 1.80400$	$v_5 = 46.6$
$r_7 = 15.28$	$d_7 = 5.0$	$n_6 = 1.80518$	$v_6 = 25.4$
$r_8 = -36.46$	$d_8 = 1.2$	$n_7 = 1.80400$	$v_7 = 46.6$
$r_9 = 93.00$	$d_9 = 0.5$		
$r_{10} = 31.16$	$d_{10} = 3.8$	$n_8 = 1.69680$	$v_8 = 55.5$
$r_{11} = -38.98$	$d_{11} = 1.0$	$n_9 = 1.51633$	$v_9 = 64.2$
$r_{12} = -26.75$	$d_{12} = 1.3$	$n_{10} = 1.80518$	$v_{10} = 25.4$
$r_{13} = -303.98$	$d_{13} = \text{可変}$	$n_{11} = 1.51742$	$v_{11} = 52.4$
$r_{14} = (\text{絞り})$	$d_{14} = 1.5$	$n_{12} = 1.56732$	$v_{12} = 42.8$
$r_{15} = 32.69$	$d_{15} = 3.8$	$n_{13} = 1.83400$	$v_{13} = 37.2$
$r_{16} = -48.79$	$d_{16} = 0.2$	$n_{14} = 1.83400$	$v_{14} = 37.2$
$r_{17} = 30.11$	$d_{17} = 2.7$		
$r_{18} = 128.84$	$d_{18} = 2.4$		
$r_{19} = -23.20$	$d_{19} = 9.5$		
$r_{20} = 107.11$	$d_{20} = 1.0$		
$r_{21} = -195.04$	$d_{21} = 3.4$		
$r_{22} = -20.35$	$d_{22} = \text{可変}$		
$r_{23} = 48.84$	$d_{23} = 4.4$		
$r_{24} = -28.31$	$d_{24} = 3.0$		
$r_{25} = -24.34$	$d_{25} = 1.6$		
$r_{26} = -39.82$	$d_{26} = 2.0$		
$r_{27} = -19.38$	$d_{27} = 1.8$		
$r_{28} = -35.59$			

撮影画面の対角長 43.27

焦点距離 可変間隔	36.11	70.00	102.00
$d_5$	2.00	20.54	28.40
$d_{13}$	13.80	6.16	1.50
$d_{22}$	5.80	2.99	2.44

$$f_o = 80.00$$

$$f_p = -17.62$$

$$f_q = 27.76$$

$$f_T = 37.41$$

$$|f_q / (f_o - e_T)| = 0.652$$

$$|f_p / (f_W \times f_T)^{1/2}| = 0.290$$

$$|P_p / P_q| = 1.296$$

【0067】

【発明の効果】本発明によれば以上のように、光学系の一部のレンズ群を光軸と垂直な方向に偏心駆動させて撮影画像の変位（ブレ）を補正する際、各レンズ要素を適切に配置することによって各種の偏心収差を良好に補正し、また十分に少ない偏心駆動量で十分に大きい変位補正（ブレ補正）を実現することによって装置全体の小型化を可能とした広角域から標準域までを含む標準変倍光学系として好適な防振機能を有した変倍光学系を達成す

ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の数値実施例1のレンズ断面図

【図2】本発明の数値実施例2のレンズ断面図

【図3】本発明の数値実施例3のレンズ断面図

【図4】本発明の数値実施例1の広角端の基準状態の収差図

【図5】本発明の数値実施例1の広角端の光学系が1度振れたときの撮影画像のブレを補正したときの収差図

【図6】本発明の数値実施例1の中間の基準状態の収差図

【図7】本発明の数値実施例1の中間の光学系が1度振れたときの撮影画像のブレを補正したときの収差図

【図8】本発明の数値実施例1の望遠端の基準状態の収差図

【図9】本発明の数値実施例1の望遠端の光学系が1度振れたときの撮影画像のブレを補正したときの収差図

【図10】本発明の数値実施例2の広角端の基準状態の収差図

【図11】本発明の数値実施例2の広角端の光学系が1度振れたときの撮影画像のブレを補正したときの収差図

【図12】本発明の数値実施例2の中間の基準状態の収差図

【図13】本発明の数値実施例2の中間の光学系が1度振れたときの撮影画像のブレを補正したときの収差図

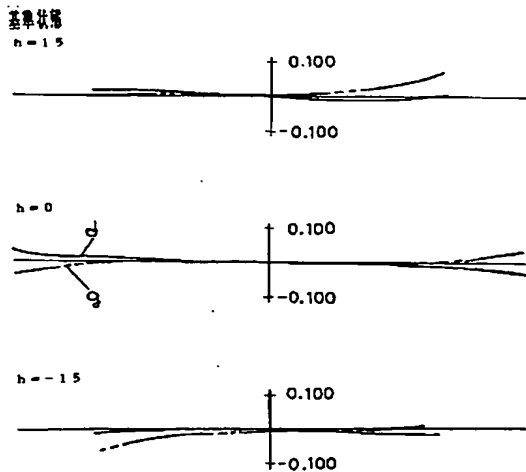
【図14】本発明の数値実施例2の望遠端の基準状態の収差図

【図15】本発明の数値実施例2の望遠端の光学系が1度振れたときの撮影画像のブレを補正したときの収差図

【図16】本発明の数値実施例3の広角端の基準状態の収差図

【図17】本発明の数値実施例3の広角端の光学系が1度振れたときの撮影画像のブレを補正したときの収差図\*

【図4】



\*【図18】本発明の数値実施例3の中間の基準状態の収差図

【図19】本発明の数値実施例3の中間の光学系が1度振れたときの撮影画像のブレを補正したときの収差図

【図20】本発明の数値実施例3の望遠端の基準状態の収差図

【図21】本発明の数値実施例3の望遠端の光学系が1度振れたときの撮影画像のブレを補正したときの収差図

10 【図22】本発明において偏心収差補正を説明する為のレンズ構成の模式図

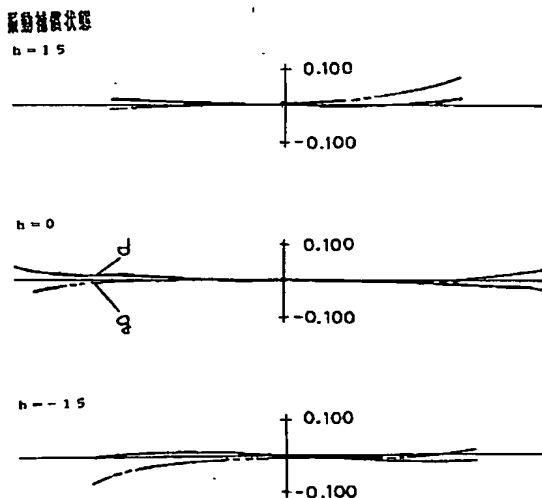
【図23】本発明において偏心収差補正を説明する為のレンズ構成の模式図

【符号の説明】

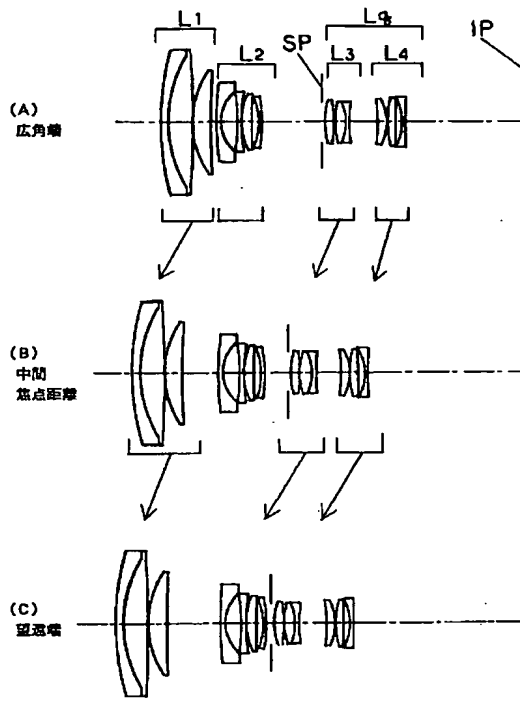
L 1	第1群
L 2	第2群
L 3	第3群
L 4	第4群
L 5	第5群
h	像高
d	d線
g	g線
$\Delta M$	メリディオナル像面
$\Delta S$	サジタル像面

20

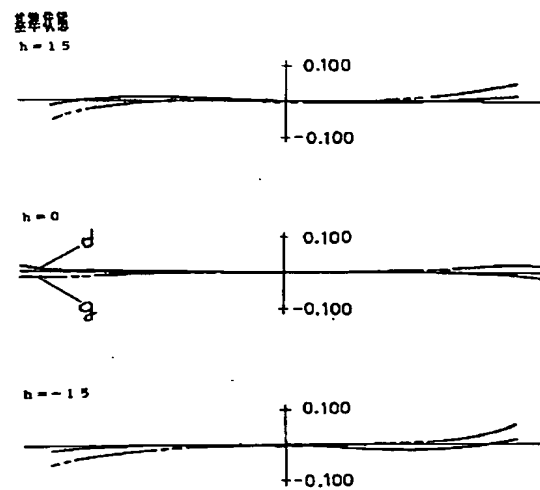
【図5】



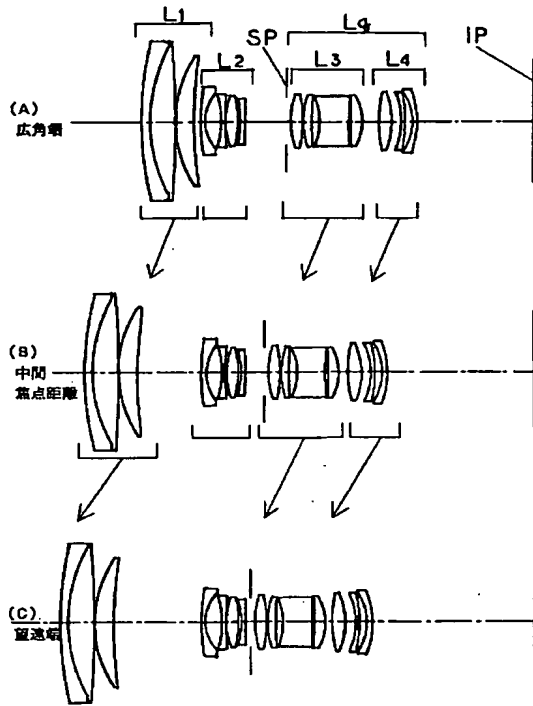
【図2】



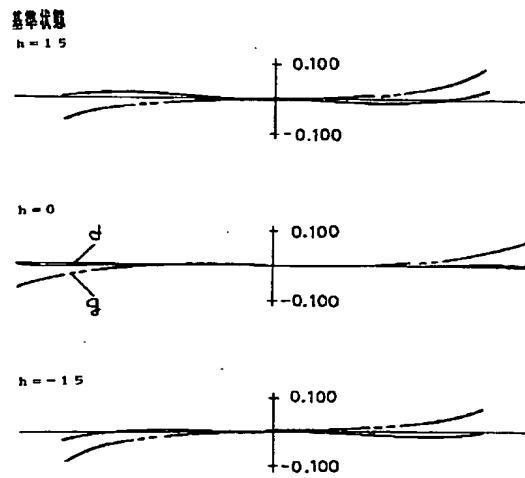
【圖 12】



【図3】

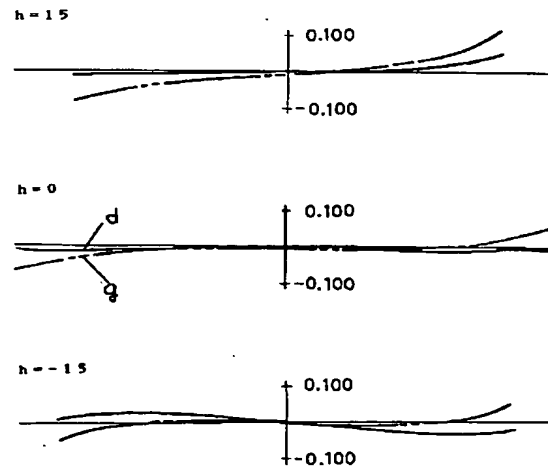


【図6】

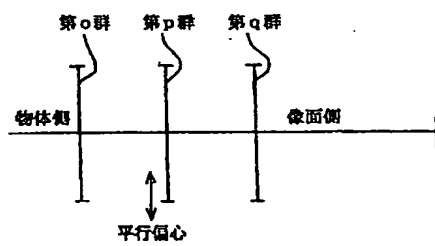


【図7】

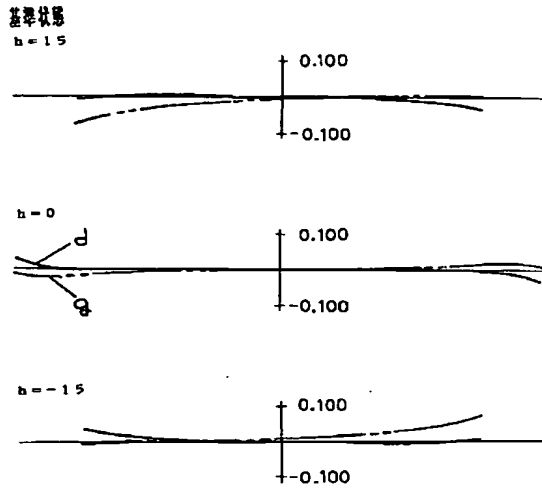
撮影補償状態



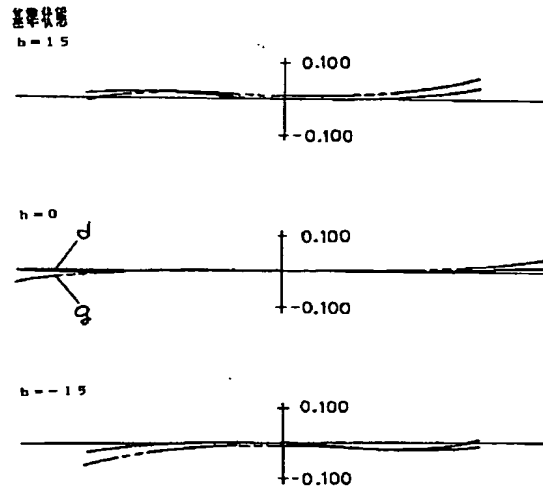
【図22】



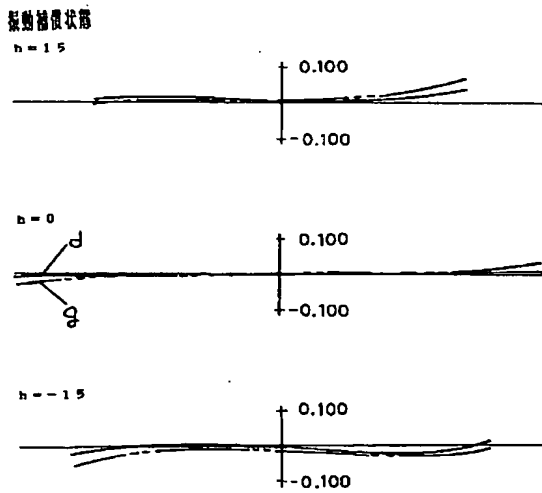
【図 8】



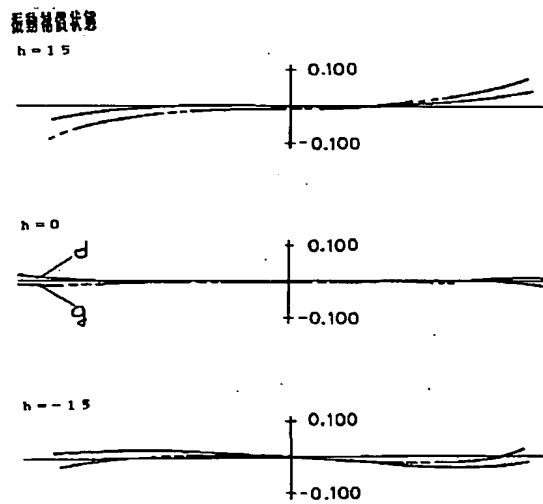
【図 10】



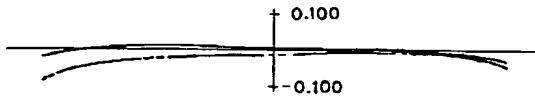
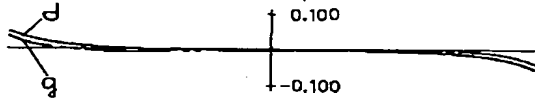
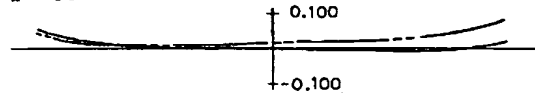
【図 11】



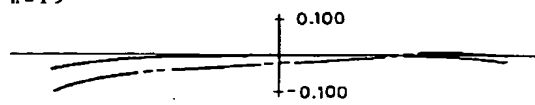
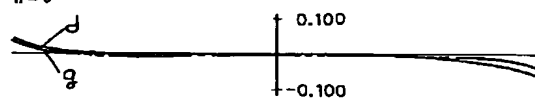
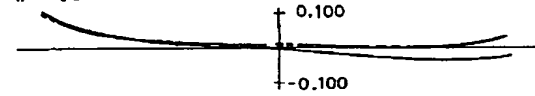
【図 13】



【図14】

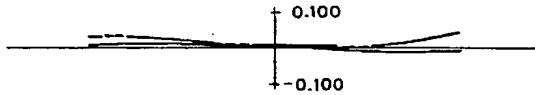
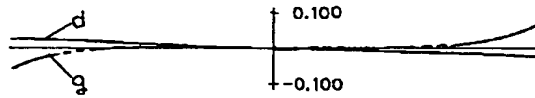
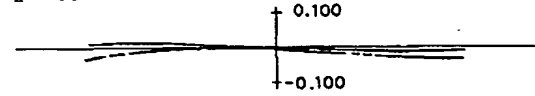
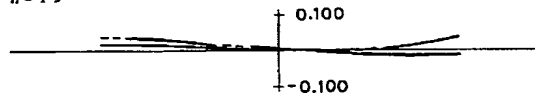
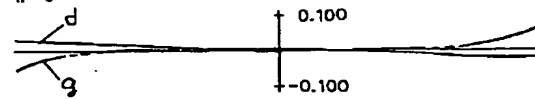
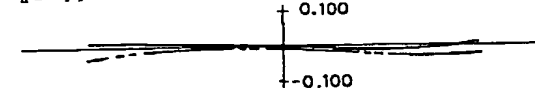
基準状態  
 $h = 15$  $h = 0$  $h = -15$ 

【図15】

振動補償状態  
 $h = 15$  $h = 0$  $h = -15$ 

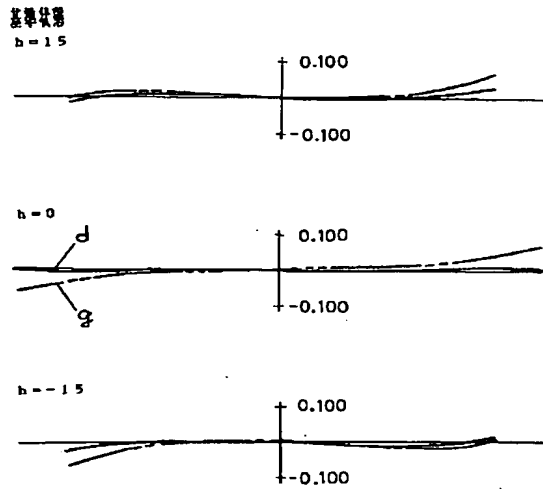
【図17】

【図16】

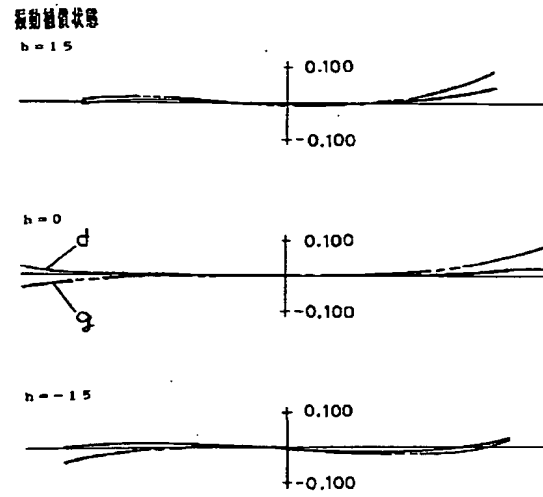
基準状態  
 $h = 15$  $h = 0$  $h = -15$ 振動補償状態  
 $h = 15$  $h = 0$  $h = -15$ 



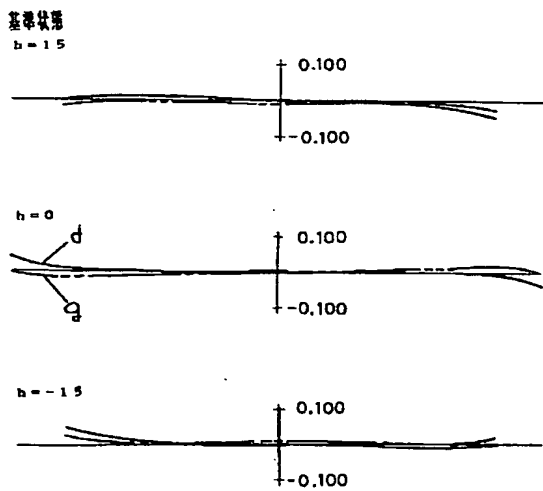
【図18】



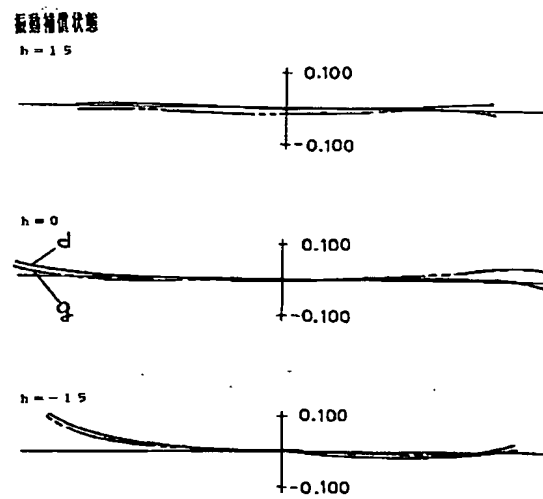
【図19】



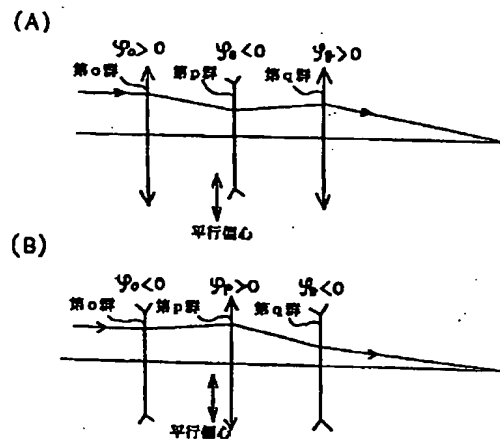
【図20】



【図21】



【図23】



特開平 8-136862

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載  
【部門区分】第6部門第2区分  
【発行日】平成13年1月26日(2001. 1. 26)

【公開番号】特開平 8-136862  
【公開日】平成8年5月31日(1996. 5. 31)  
【年通号数】公開特許公報 8-1369  
【出願番号】特願平 6-297866  
【国際特許分類第7版】

G02B 27/64  
15/20

【F I】

G02B 27/64  
15/20

【手続補正書】

【提出日】平成11年6月21日(1999. 6. 21)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0023

【補正方法】変更

【補正内容】

【0023】(A)次に本発明において第3群L3と第4群L4とを少なくとも1つのレンズ群を有する全体として正の屈折力の像側レンズ群として取り扱った場合の特徴について説明する。